

わんど内の流れに関する実験的検討

京都大学防災研究所 武藤 裕 則

1. はじめに：近年の河川整備・管理方針における環境の位置づけの高まりを背景として，わんどの持つ多様な生態系保全機能が注目を集めており，河川整備手法における生息環境支援空間としての積極的な採用も見られる．本報告はこのことを背景とし，わんどの形成過程に密接に関係する循環流の構造と物質の輸送機構，特に土砂の輸送・堆積機構に関する検討の第一段階として，直線水路の片側に設置した高水敷の一部に矩形の低水路凸部を設けわんど模型とし，速度分布計測と流れの可視化を行ったものである．速度計測では，2台のレーザ・ドップラー流速計（LDA）を用いた3成分同時計測と，2成分電磁流速計（EMC）による計測を行った．流れの可視化は，紙トレーサを用いて表面流況に関して行った．矩形凸部は，奥行／開口幅比（アスペクト比）1と3のものについて検討した．また計測時の水深は，低水路内のみの流れ（inbank）と高水敷上にも水が及ぶ流れ（overbank）の両者を対象とした．

2. 実験の概要：実験には2種の直線水路を用いた．すなわち，LDAによる速度計測には幅32cm，長さ8mのガラス製水路，EMCによる速度計測および可視化には幅2m，長さ22mのモルタル製水路を用いた．座標系の定義と水理条件をそれぞれ図-1および表-1に示す．

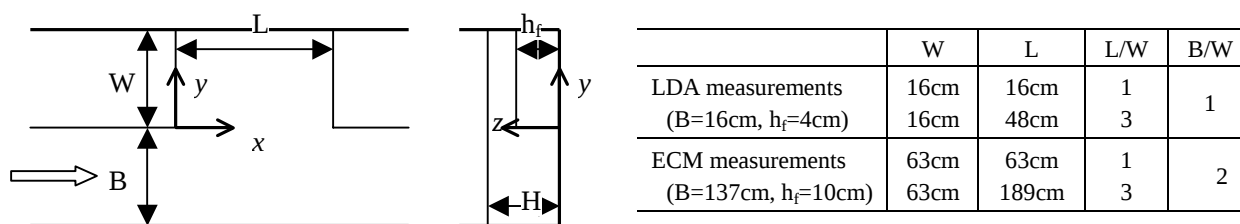


図-1 記号および座標系の定義と模型諸元

表-1 水理条件

	Q (cm ³ /s)	H (cm)	(H-h _f)/H	U _m (cm/s)	u _* (cm/s)	Re	Fr
LDA inbank	2,271	3.80	---	37.4	1.78	9,650	0.74
overbank	3,028	4.70	0.15	35.0	1.60	7,320	0.77
ECM inbank	32,529	5.60	---	42.4	2.52	22,000	0.60

3. 結果と考察：図-2は，わんどのアスペクト比の影響を速度分布から比較したものである．流れはinbank，流速計はECMであり，計測断面は半水深である．これらの結果は，アスペクト比の流れに及ぼす影響について検討した従来の成果^{2), 3)}と矛盾しない．すなわち，アスペクト比が1の場合，大きな1つの循環流がわんど内に形成されているのに対し，アスペクト比が3の場合は，わんどの下流側約3/4を占める大きな反時

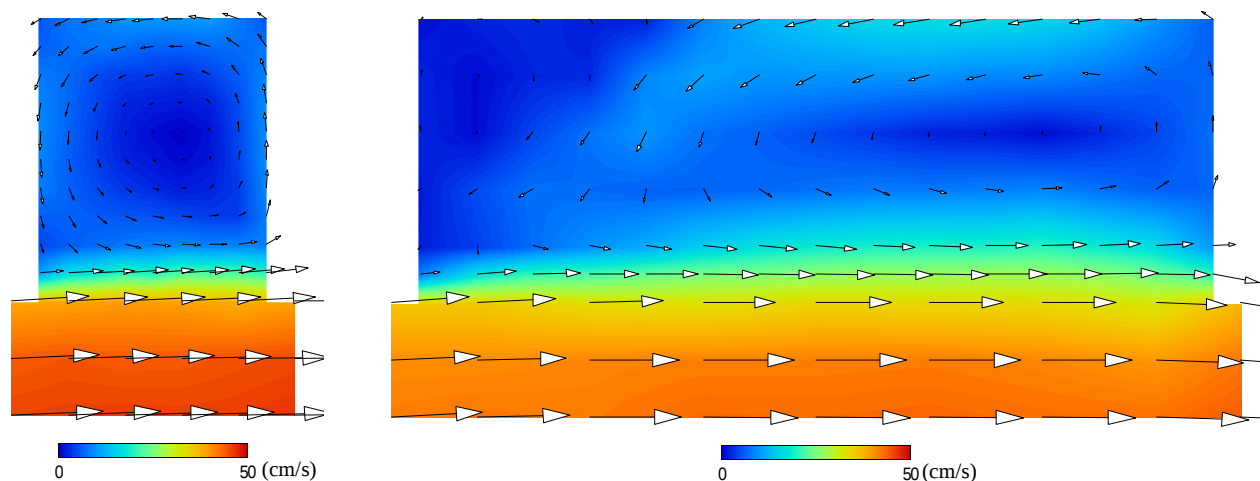


図-2 inbank 流れの速度分布計測結果（アスペクト比1(左)および3(右)）

計回りの循環流が形成されている。これら循環流の速度の絶対値は 10cm/s 程度以下で主流部に比べてかなり小さく、中心部付近はほとんど停滞している。またアスペクト比が 3 の場合には、この循環流の上流側に弱い時計回りの渦が反流として形成されているがほぼ停滞域している。

次に、図-3 は水深の影響を検討したものである。アスペクト比は 1，流速計は LDA であり、計測断面として低水路深さの半分 ($z/h_f=0.5$ ，以下下層と呼ぶ) と高水敷高さ ($z/h_f=1.0$ ，以下上層と呼ぶ) について示している。図より overbank 流れでは、下層では凸部内のほぼ全域が流速値 4cm/s 以下の停滞域であり、主流部に対し明確なコントラストを描いている。一方上層では、流れはほとんどが主流部と平行であるが、速度の絶対値は inbank 流れと同様 10cm/s 程度以下である。ここで得られた流速値は、特に下層において、同様に水深の影響を検討した結果³⁾に比して非常に小さいが、これは文献³⁾の水深条件(相対水深約 0.36)が本報告におけるもの(同 0.15)より大きいこと、わんどのアスペクト比の違い(文献³⁾の 3 に対し本報告は 1) が特にワンド内の下流部における流れの加速に大きく寄与するものと考えられ、overbank 流れ時にもアスペクト比の影響は大きいことがわかる。

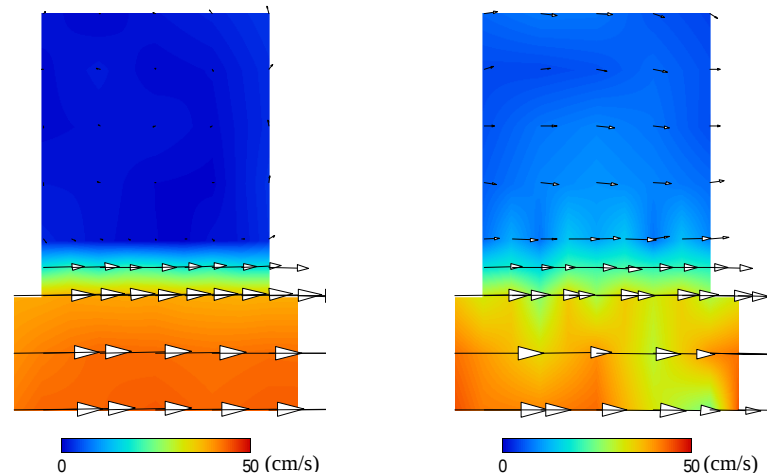


図-3 overbank 流れの速度分布計測結果
(低水路半水深(左)および高水敷高さ(右))

図-4 は実際の河川で見られるようにわんどが群として設置された場合の速度分布を示したものである。流れは inbank，流速計は ECM である。ここではわんどを上流側から第 1 室，第 2 室・・・と呼ぶこととする。第 1 室における流速分布は図-2 に示したわんどが単独の場合とほぼ同じと言えるが、第 2・第 3 室における循環流の流速は第 1 室のものよりかなり大きく、

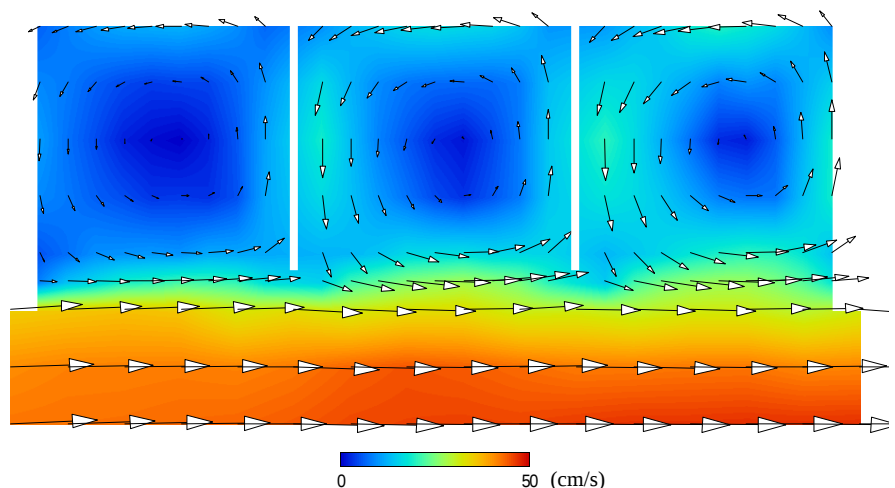


図-4 わんど群を対象とした速度分布計測結果 (inbank 流れ)

また循環流外縁の主流部へのせり出しも見られる。不透過水制群を用いて同種の検討を行った結果¹⁾では実験ケースによって各室間の差異が見られる場合とそうでない場合があり、今後さらなる検討が必要であるが、少なくとも従来の室内実験の多くが単独のわんどを対象として議論していることを考慮すると、その結果が必ずしも現地へ適用できない可能性も示唆しており興味深い。

この他に、乱れの計測結果および可視化結果から、主流部・死水域間に発達するせん断層の特性およびわんど・主流部間の流体交換について検討を行っており、特にわんどが群として設置された場合の交換特性に興味深い結果を得ているが、詳細については発表時に述べる。

参考文献：1) 池田・吉池・杉本(1999): 水工学論文集, 第 43 巻, pp.281-286, 2) 木村・細田・友近(1995): 水工学論文集, 第 39 巻, pp.425-430, 3) 中川・河原・玉井(1995): 水工学論文集, 第 39 巻, pp.595-600.